



第一章 绪论



广西大学电气工程学院自动化系 胡立坤

内容提要



- 第一讲 自动控制的基本概念
- 第二讲 自动控制理论建立与发展

第一讲 自动控制的基本概念

自动控制的思想无处不在，它深刻地影响着我们的生活。掌握它，首先要知晓它的基本概念。由此推演并丰富控制理论的内容。

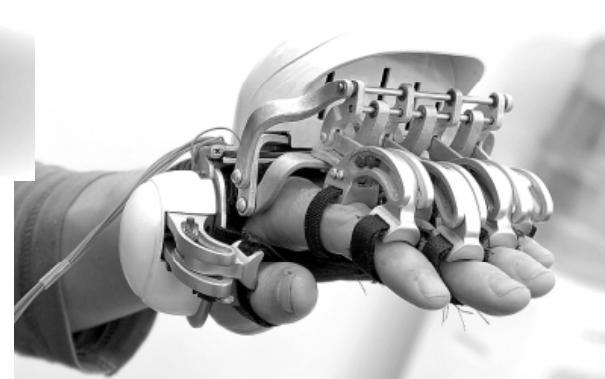
我们周遭的自动化装置与系统



我们周遭的自动化装置与系统



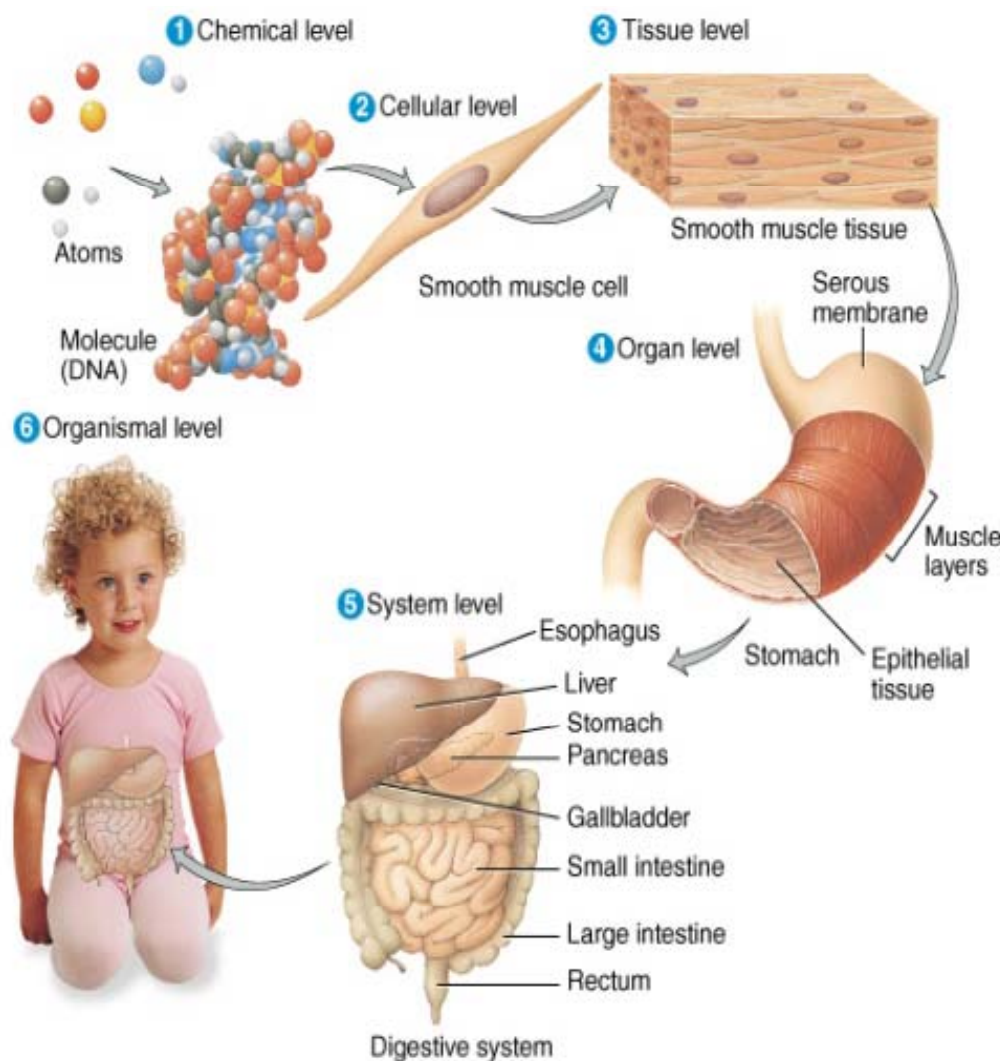
我们周遭的自动化装置与系统



我们周遭的自动化装置与系统



我们周遭的自动化装置与系统



✓ 体温控制系统

✓ 心跳控制系统

✓ 眼球聚焦系统

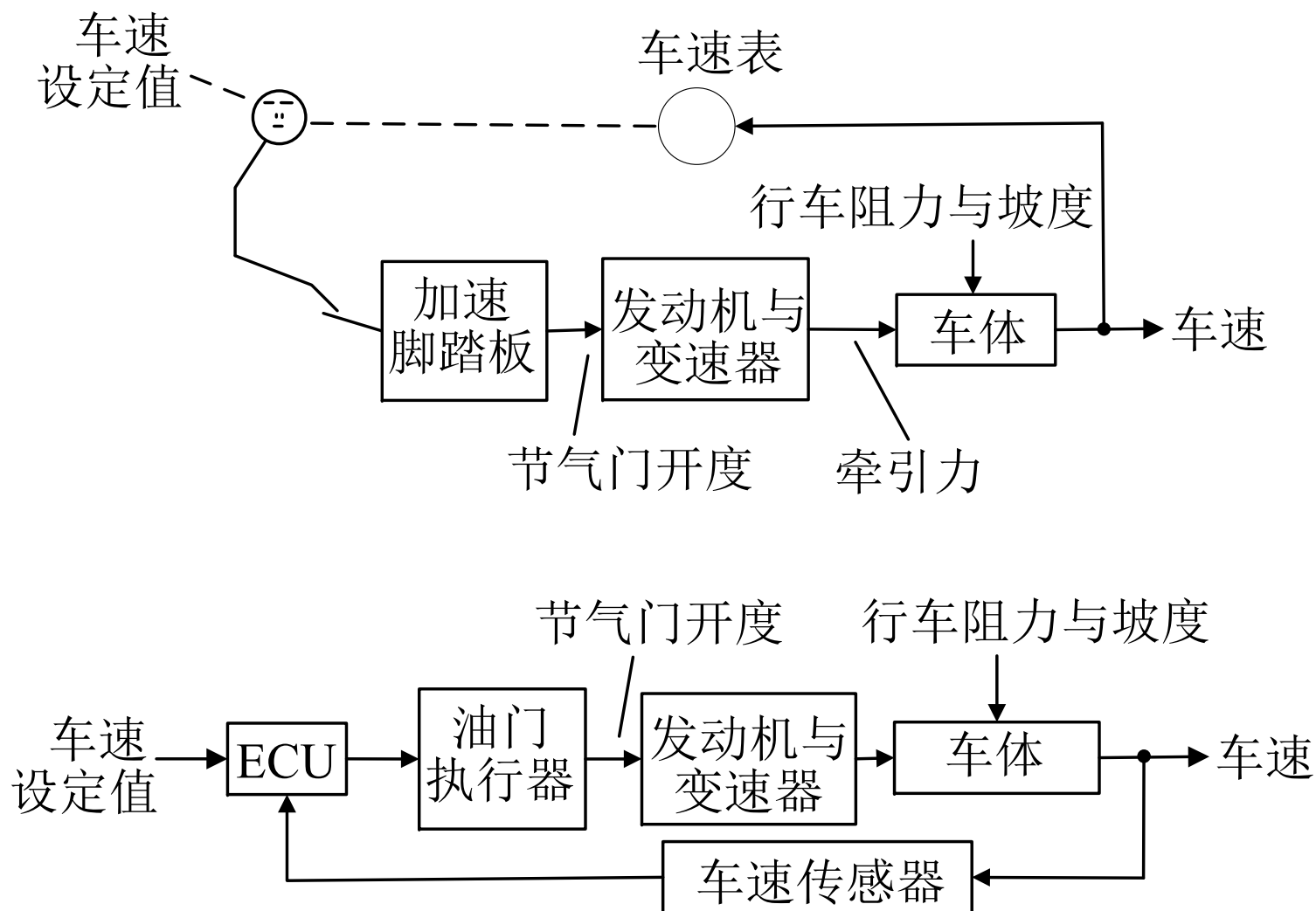
✓ 新陈代谢系统

✓ 血液系统

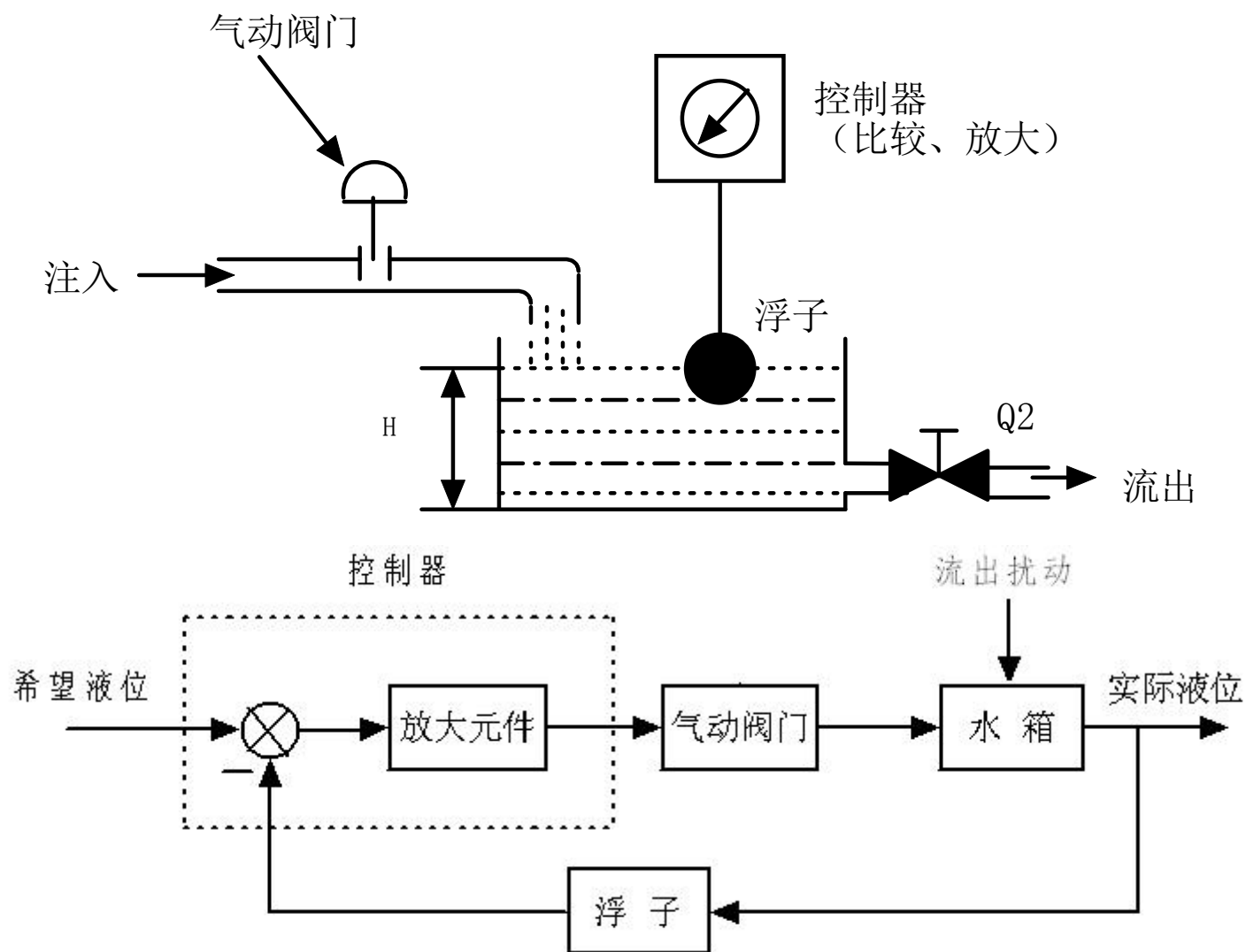
✓ 呼吸系统

✓ 肾肝肺系统

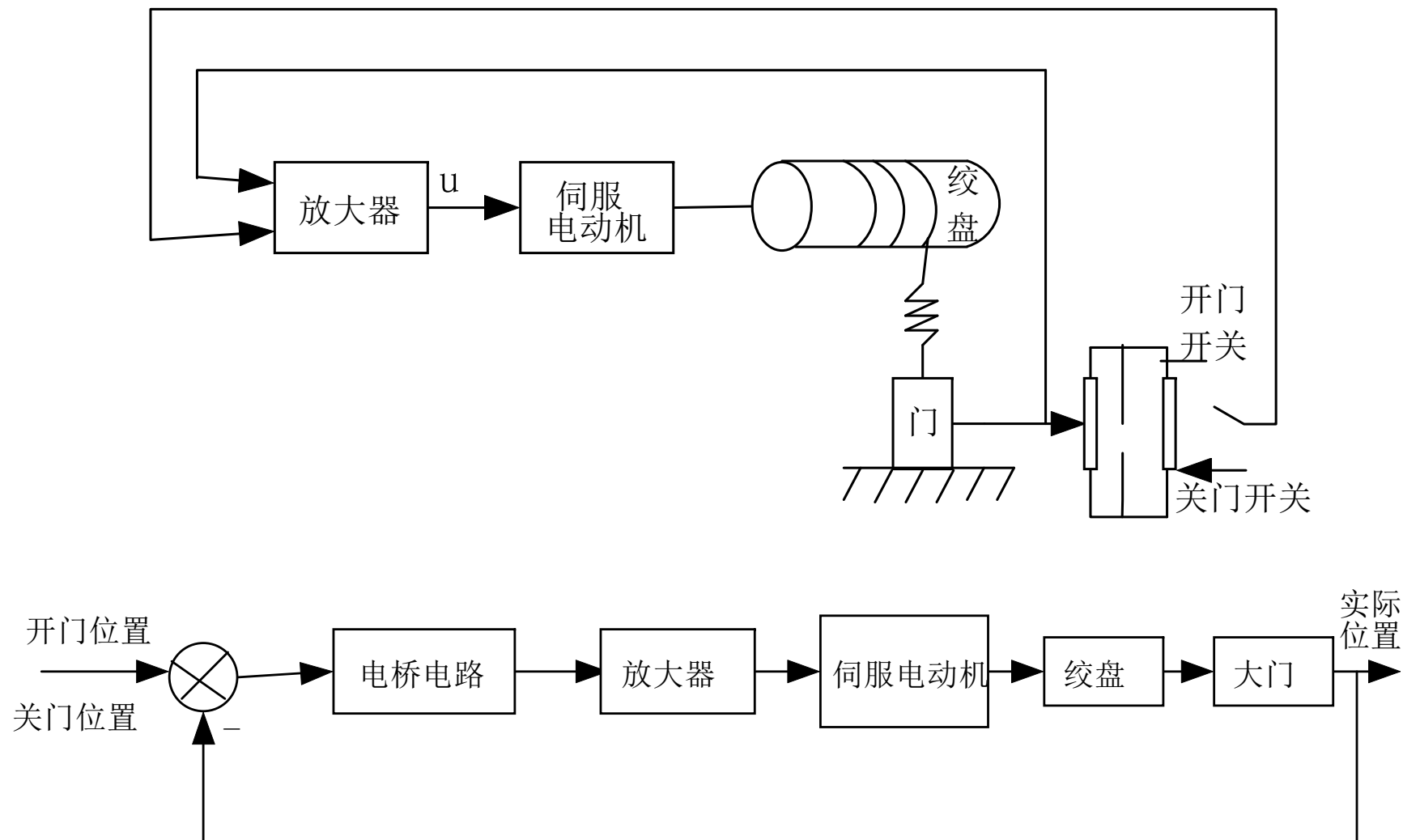
什么是自动控制——汽车驾驶控制



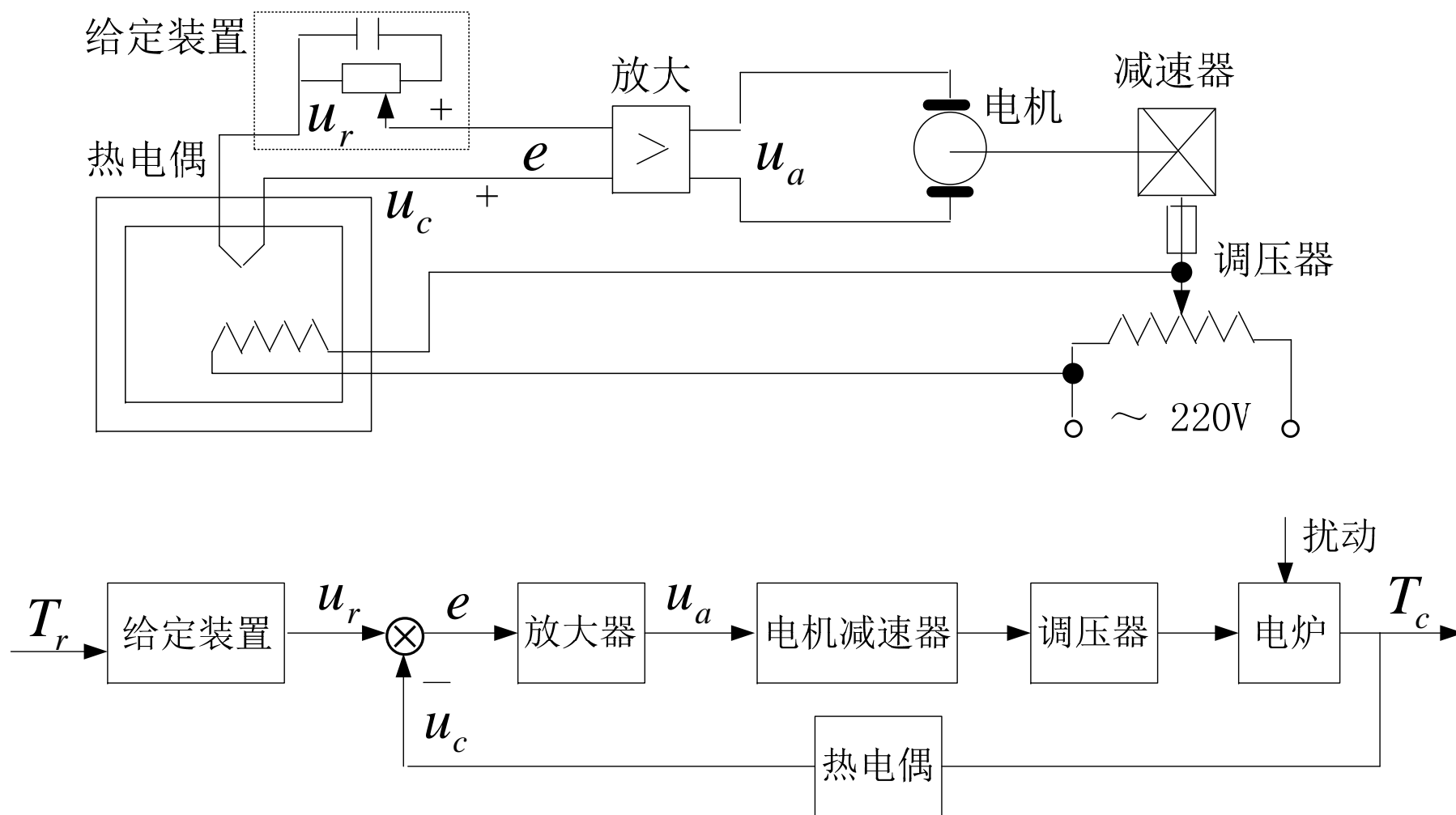
什么是自动控制——水箱液位控制



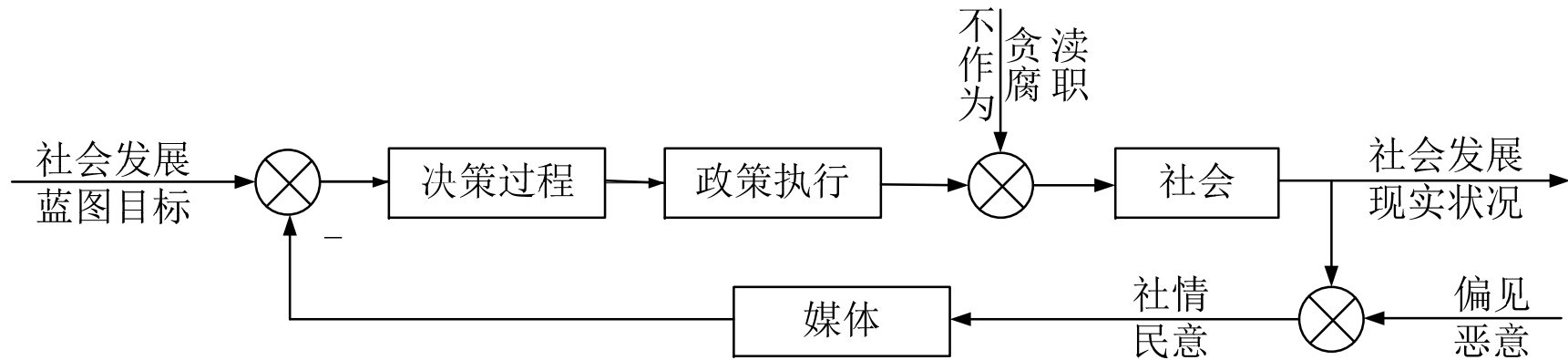
什么是自动控制——大门开关控制



什么是自动控制——温度控制

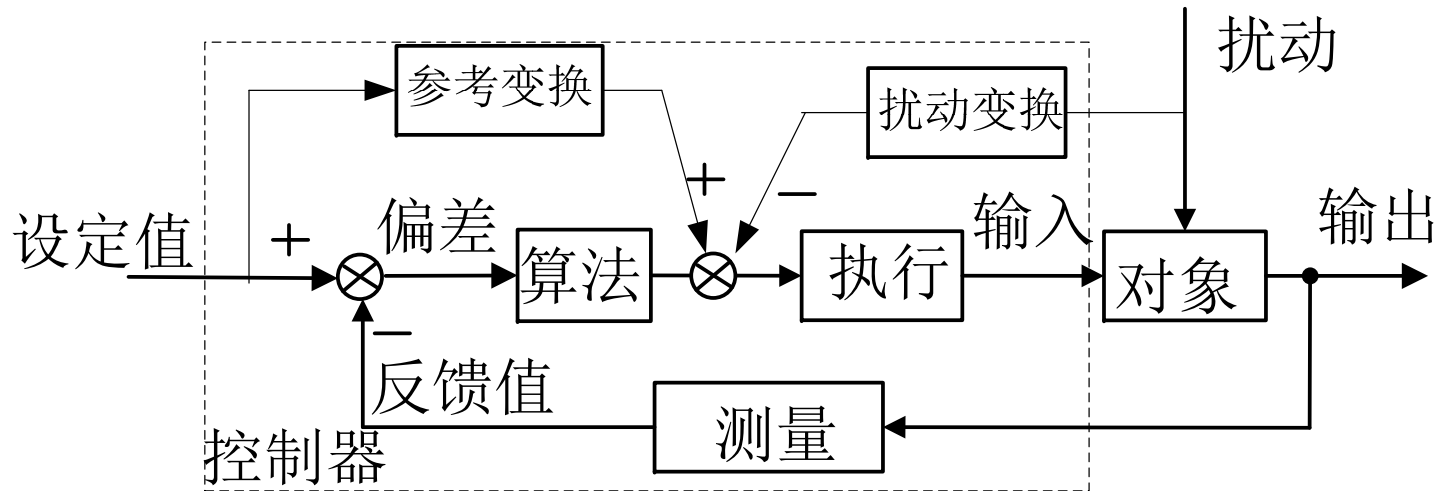


现代有控制的社会运行反馈结构



- 从这个框图中可以有两个相互制约，但又不可忽视的机制
- 一是忽视媒体反馈的信息往往会减弱对政策失误的发现和纠正
- 二是过分增大反馈作用会使目标难以得到果断有效执行，甚至会因反馈信息的误差而引起政策的迷乱和失误。
- 所以作为智囊团或领导集体要**多方听取意见，并对各方意见进行理性思考**，才能做出正确的决定。

自动控制系统一般构成与概念



- 四部分组成：对象、测量单元、控制单元和执行器
- 三种形式：开环控制、反馈控制、复合控制
- 四性能要求：稳、快、准、鲁棒
- 四个支撑性概念：动态、建模、互联、不确定性
- 分类：线性、非线性/SISO、MIMO/连续、离散、混杂/确定、不确定---重点：SISO连续、离散确定线性系统
- 信号类型：DI、DO、AI、AO

思考讨论----人体温度控制系统

- 科学家常常认识到发烧并不是意味着身体的温度控制出了问题，而是将其保持在比正常值高的一个水平。
- 草拟人体温度控制系统的方框图，并解释阿司匹林是如何退烧的。
- 说明该控制系统的类型。

这一讲就到这里！



第二讲 自动控制理论建立与发展

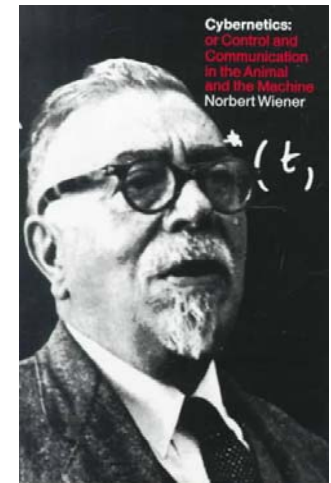
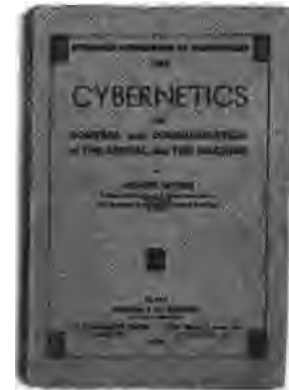
科学史上，一个简明的原理，常常需要长期实践，千百次的失败和成功，长期的积累，到达某一个升华的阶段，才能形成自己的理论体系。控制理论的建立和发展也是这样的。目前控制理论一般认为三个阶段，这些理论相互渗透，不断发展：

经典控制、现代控制、智能控制。

控制论一词的发明----柏拉图

- 公元前4世纪，希腊柏拉图首先使用“Cybernetics”一词后来被维纳作为著名学术著作的书名

Cybernetics---- Control and
Communication in the animal
and the machines (1948)



- cybernetics 一词来源于希腊文 κυβερνήτης (*kubernan*), 原意为 steersman, 即 “掌舵人”, 转意是 “管理人的艺术” “控制机器的技术” “决策的方法”
- 控制理论已成为控制论的一个较为成熟的分支。

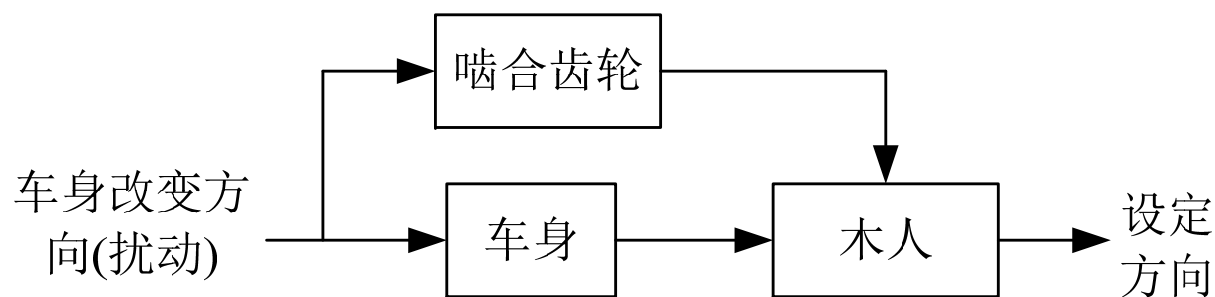
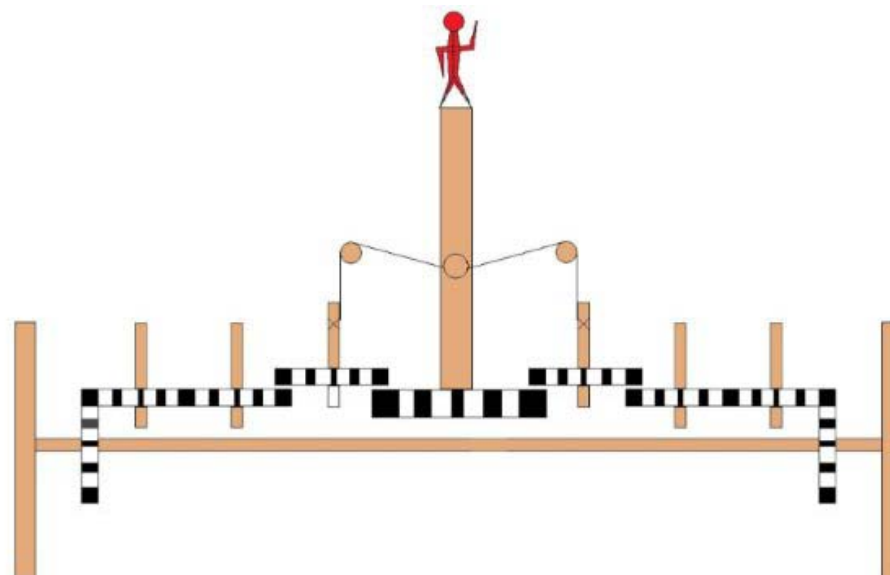
控制理论的三大基本原理

- ◆ 在长达数千年发展后，直到20世纪，人们才能概括出控制理论的三大基本原理：
 - 扰动(前馈)控制
 - 负反馈控制
 - 最优控制
- ◆ 后来，用这三大原理去建造各种各样的自动化装置、机器人、无人工厂、办公自动化设备、农业自动化、家庭自动化等等，才形成今天这样强大的社会生产力
- ◆ 三大原理把人类推进到一个崭新的时代——自动化时代。

指南车与扰动控制

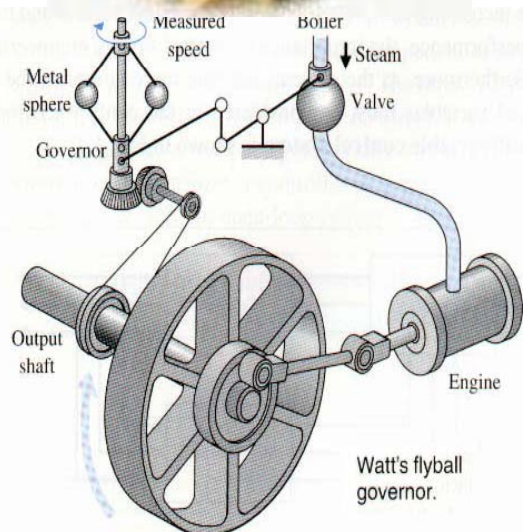


- “车虽回运而手常指南”，利用差速齿轮原理和齿轮传动系统，根据车轮的转动，由车上木人指示方向。



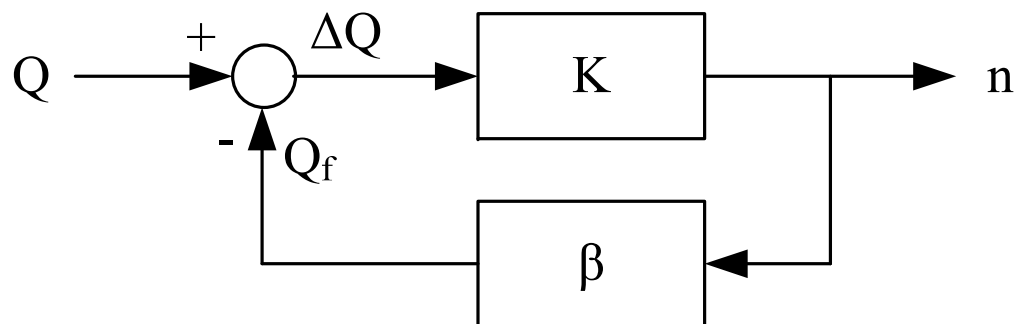
- 利用扰动原理设计小型发电机调压器

瓦特离心式调速器与负反馈控制



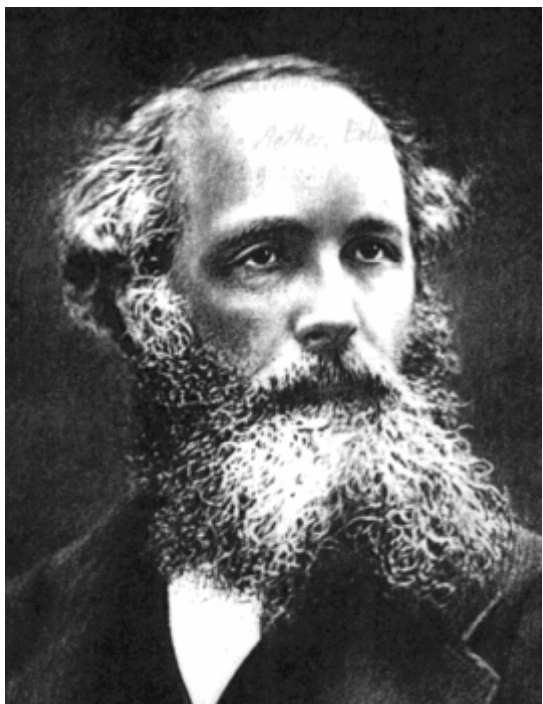
1769-1788年瓦特发明

- 离心式调速器(飞球调节器), 使蒸汽机保持恒速转动。---- “**大工业普遍应用的发动机**”(马克思), 自动化发展中第一个里程碑。
- Watt的讣告中的赞颂: “...武装了人类, ...双手变得力大无穷, 健全了人类的大脑以处理一切难题。...为机械动力在未来创造奇迹打下了坚实的基础, ...。”



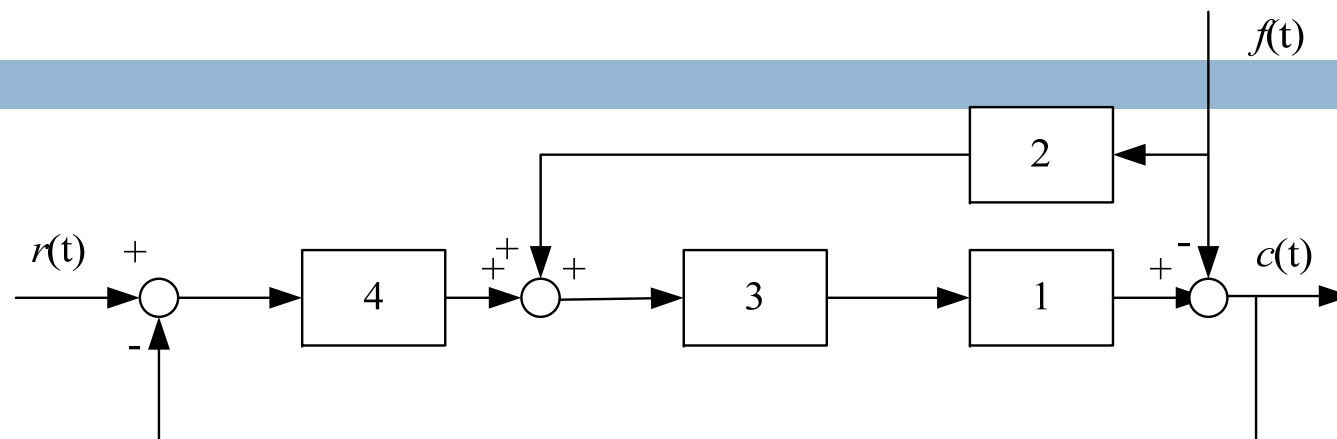
$$n = \frac{K}{1 + \beta K} Q \quad n \uparrow \rightarrow Q_f \uparrow \rightarrow \Delta Q \downarrow \rightarrow n \downarrow$$

蒸汽机中的“晃动”现象引起的进步



- “晃动”震撼了新生的资产阶级社会，吸引了很多著工程师、物理学家和数学家的兴趣。
- 1868年，麦克斯韦尔(Maxwell)在《On Governors》由蒸汽机晃动现象导出了调节器的微分方程，并在平衡点附近进行线性化处理，将其视为线性微分方程来研究。
- 蒸汽机调速系统的稳定性归结为微分方程解的收敛性→特征方程(代数方程)的根的情况→如何解高阶代数方程？→R-H判据(1884年，1895年)。

不变性等价原理与高精度----复合控制

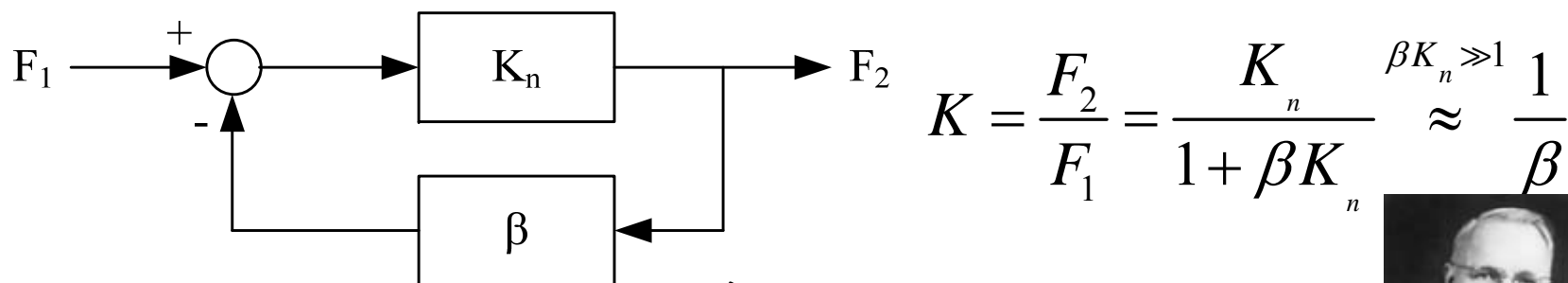


1.受控对象；2.扰动测量装置；3.复合控制器；4.校正装置

- **ε -不变性原理**确立了系统实现不变性所应满足的条件，系统在受扰或受控下，其被控对象所期望的行为会变，但变化小到 ε 数量级。
- 按 ε -不变性原理建立控制系统的主要形式是复合控制系统----**同时采用按偏差的闭环控制和按扰动的开环控制**。
- 不变性原理已成功地应用于惯性导航、飞行器的轨道控制以及各类高精度的伺服系统等方面。

电子管放大器与奈奎斯特频率法

- 长途电话线遇到两个关键问题：信息衰减、信号畸变
- Black设计了负反馈的电子管放大器解决了该问题。

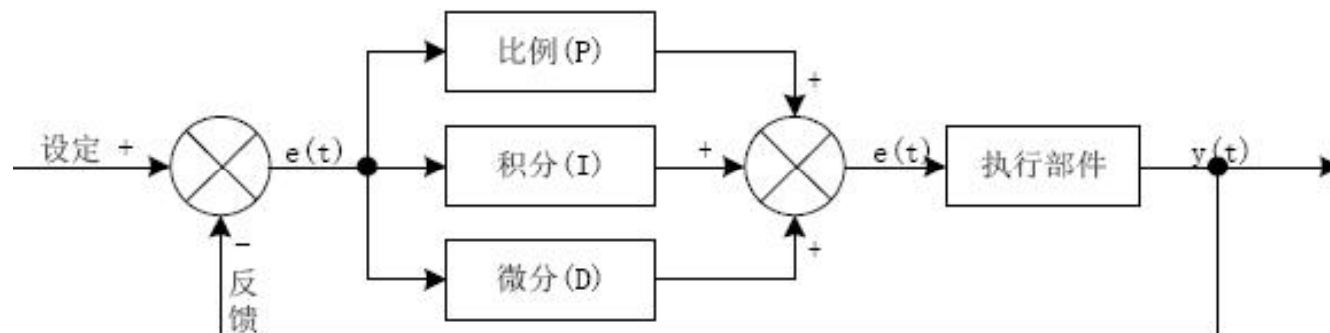


- 另一个问题----放大器振荡。1932年，Nyquist的稳定判据成功地解决了这一问题。
- Nyquist频率法是能够测量的开环系统频率特性来判别闭环系统的稳定性、静差和过渡过程品质指标等。
- 由此产生的电子式控制器----自动化发展中第二个里程碑。
- 1941年，苏联学者哥德发尔布把线性系统的频率法推广到非线性系统，Daniel P. J发展成描述函数。



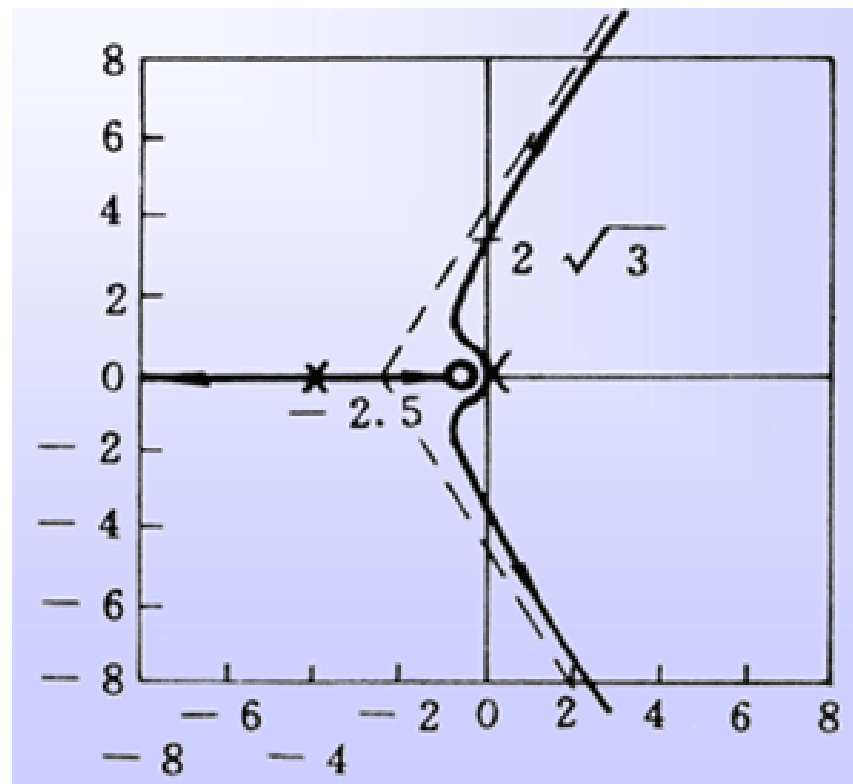
PID控制方法

- 1922年美国N. Minorsky研制出用于船舶驾驶的伺服机构，首次提出PID(比例、积分、微分)控制方法，P、I、D三个参数的适当配置，可以让大多数系统获得相当满意的性能指标。
- 1942年，美国Taylor仪器公司的J.G.Ziegler和N.B. Nicchols提出PID参数的最佳调整法，为方便参数的自动调整提供了方法。
- PID控制至今仍在工业上极为广泛地应用着。

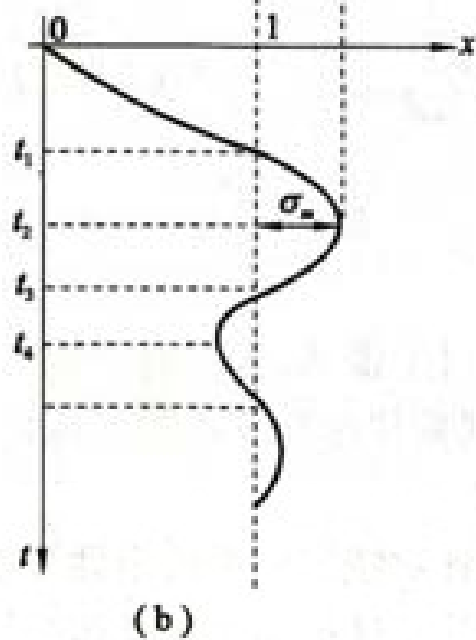
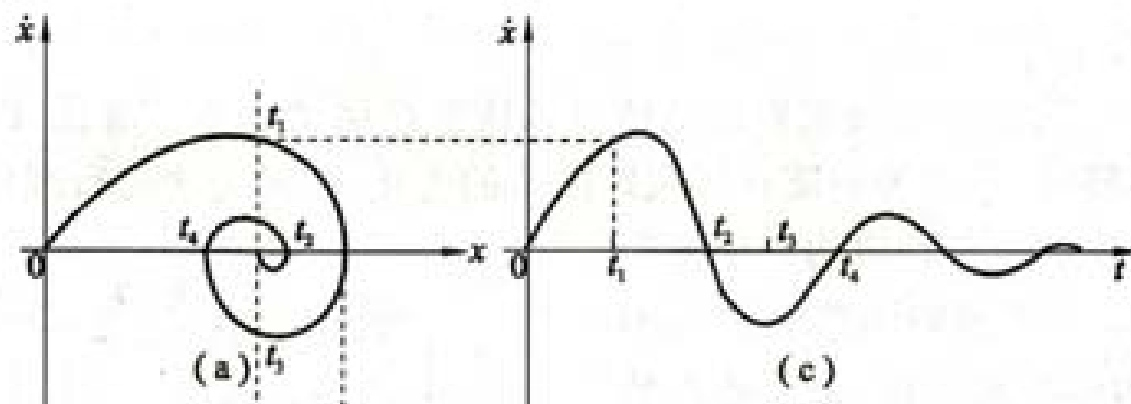


Evans的根轨迹法-新的思维和研究方法

- 1950年，Evans用系统参数变化时特征方程的根变化轨迹来研究，开创了新的思维和研究方法。



相平面分析法



- 1885年，Poincare针对二阶系统提出相平面分析法

钱学森的工程控制论出版---1954年



- 工程控制论的目的是研究控制论这门学科中能够直接用于工程上设计被控制系统或操纵系统的那些部分。
- 它吸收了以往伺服机构理论的成果，把一般概括性的理论同实际工程经验很好地结合起来，对工程技术各个系统的自动控制 and 自动调节理论作了全面的探讨---总结了经典控制理论并指出了控制理论与控制工程学科今后发展方向。

状态空间法的发展

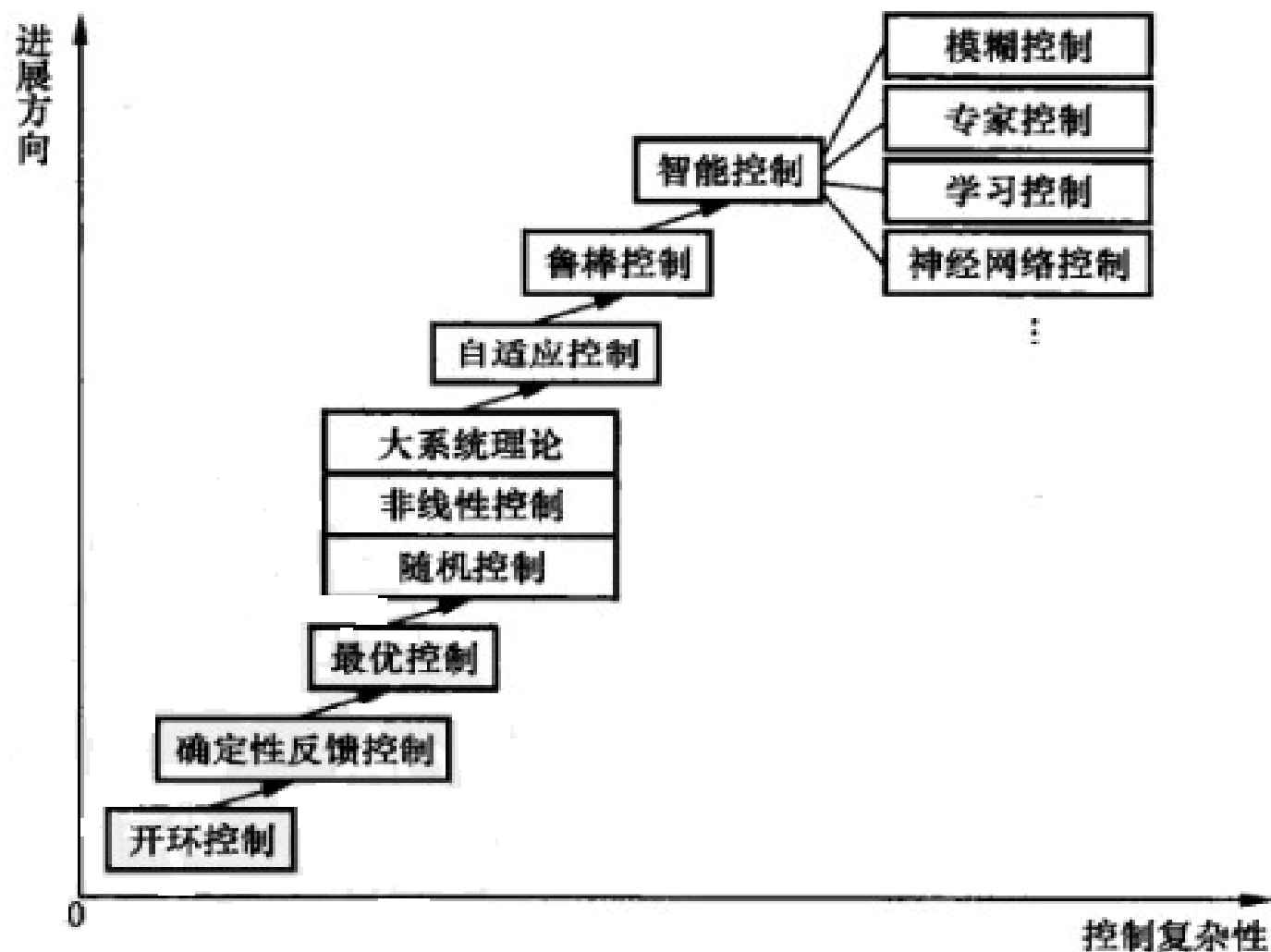
- 1956年，苏联Protryagin在“最优过程的数学理论”一文中提出极大值原理。
- 1957年：R. I. Bellman提出动态规划理论。
- 1960，美籍匈牙利人Kalman基于状态空间，提出能控性、能观性、最佳调节器和Kalman滤波等概念，奠定了基于状态空间的现代控制理论的基础。
- 状态空间法揭示了系统的内在属性，使控制论更加数学化了，吸引了大批应用数学工作者从事控制论的研究，并成功应用于空间技术中。
- 最优控制理论基于状态空间得到进一步完善。

运动稳定性的一般问题----Lyapunov



- 1892年，俄罗斯数学力学学家Lyapunov发表了他的博士论文“**运动稳定性的一般问题**”。
- 论文中提出了广为应用且影响巨大的李亚普诺夫方法，也即**李亚普诺夫第二方法**或李亚普诺夫直接方法，从**能量角度**研究稳定性问题。----内部稳定
- 这一方法不仅可用于**线性系统**而且可用于**非线性、时变系统**的分析与设计。

随后的发展



这一讲就到这里！

